

4. Diskussion

Das **Hauptproblem** dieser Arbeit bestand darin, dass es nur relativ wenige wissenschaftliche Erkenntnisse auf dem Gebiet der Farbmessung in der Fleischhygiene und -technologie gibt. Einige Wissenschaftler beschäftigten sich mit Farbmessung am Fleisch (Scharner et al., 1996) oder an Färsenfett (Kögel et al., 1997). Zur Problematik der Farbe von Schweinefettgewebe äußerten sich nur wenige Wissenschaftler in Form von Nebenbefunden größerer Studien mit entsprechend dürftigen Informationen hinsichtlich Messtechnik und Versuchsbedingungen (Warnants et al., 1996; Bodis et al., 1997). Aus diesem Grund konnte bei der Versuchsvorbereitung kaum auf Erkenntnisse früherer Untersuchungen zurückgegriffen werden. Eine abschließende vergleichende Diskussion mit Ergebnisvergleich aus anderen Veröffentlichungen ist aufgrund der Variabilität der untersuchten Materialien, angewendeten Messgeräte, Geräteeinstellungen usw. nur in geringem Umfang möglich. Es können jedoch grundlegende Aspekte in der Anwendung der Farbmessung in der Industrie und speziell bei der Herstellung von Lebensmitteln erörtert und bestätigt werden.

Die Ergebnisse der Auswertung der **Fleischuntersuchungsstatistik** zeigen, dass die Ikterusproblematik mit durchschnittlich 4,45 % der gesamt untauglichen Schlachttierkörper durchaus eine Untersuchung rechtfertigt.

Der Prozentsatz von 11,6% falsch positiver Ergebnisse bei der Erstuntersuchung 30 Minuten p.m. ist ebenfalls untersuchungsbedürftig. Als Ursachen für abweichende Farbeinschätzung sind ungünstige Beleuchtungsverhältnisse zum Untersuchungszeitpunkt, angeborene oder altersbedingte Fehlsichtigkeit anzuführen (Berger-Schrunn, 1991). Außerdem werden die Farbeindrücke durch die Wrasenbildung gedämpft und erscheinen grauer und dunkler.

Das Vorhandensein einer Lipochromatose konnte im Zeitraum der Untersuchungen nicht festgestellt werden. Irrtümlich beschlagnahmte Tierkörper zeigten zum Zeitpunkt der Messung die gleichen Farbwerte wie taugliche Schlachttierkörper und wurden bei der weiteren Untersuchung nicht berücksichtigt.

Durch die industriemäßige Haltung der Schweinebestände mit Ausgeglichenheit der Futtermittel im Gehalt an Vitamin A und Wegfall der Weidehaltung ist mit einer Futtermittelgelbfärbung unter normalen Umständen nicht oder nur in Ausnahmefällen zu rechnen.

Die **spektrophotometrische Untersuchung** erwies sich für die Entwicklung eines Ikterusschnelltestes als ungeeignet, da hierbei ein hoher Zeitaufwand für die Probenaufbereitung notwendig war und entsprechend Chemikalien zur Anwendung kamen. Die in der Amtlichen Methode angewandte Alkohol-Ether-Probe ist schon seit über 70 Jahren in unveränderter Arbeitsanweisung in Anwendung und entspricht nicht mehr einem modernen diagnostischen Standard, zumal die Auswertung subjektiv erfolgt und von verschiedenen Faktoren wie z.B. der Beleuchtung beeinflusst wird.

Die Spektrophotometrie bietet sich als ein Verfahren an, die Ergebnisse der amtlichen Methode durch Messung der Farblösungen, zu objektivieren. Durch Schaffung standardisierter Messbedingungen könnte die amtlichen Methode mit erhöhter Genauigkeit durchgeführt werden.

Als Ergebnis der Untersuchung wurden Absorptionsspektren ermittelt, die in dieser Form von den modernsten Farbmessgeräten (Spektralphotometern) (Irie, 1999) auch für Schweinefettgewebe gemessen, berechnet und ausgegeben werden können.

Eine Unterscheidung der Substanzen Bilirubin und Karotin ist über die Zweigipfligkeit der Spektren von Karotin bzw. Karottensaft denkbar. Hier sollten weitere Untersuchungen mit neuerer Technik erfolgen. Eine Berechnung dieser Spektren auf Basis der Farbwerte ist derzeit nicht möglich (Information vom Minolta-Kundendienst).

Mit den **photometrischen Modelluntersuchungen** zeigte sich, dass ein Erfassen von Farbunterschieden am Schweinefettgewebe prinzipiell möglich ist. Im Vergleich zu den darauf aufbauenden Untersuchungsergebnissen stellte sich heraus, dass die Farbwerte der bilirubingefärbten Probe im Bunttonwinkel H° denen der ikterischen Schweinefettgewebsprobe stark ähnelte. Bemerkenswert war auch die Ähnlichkeit der Bunttonwinkel H° von karotingefärbten Proben mit den Kontrollproben.

Das lässt die im Fütterungsversuch zu überprüfende Vermutung zu, dass Karotin, das im Schweinefettgewebe und Blutplasma enthalten ist (Kolb, E., 1966 und 1989) auch in geringeren Konzentrationen für die Farbe des Fettgewebes verantwortlich ist. Nur in höherer Konzentration durch verstärkte Sättigung im Fettgewebe wird dieses als gelborange Verfärbung für das menschliche Auge sichtbar.

Die im Modellversuch in hoher Konzentration angewendeten Pigmente verursachten unnatürliche Farbsättigungswerte C^* .

Die **Farbmessungen an tauglichem Fettgewebe** von Mastsauen, Mastborgen und Zuchtsauen zeigten, dass für unterschiedliche Geschlechter und Nutzungslinien auch unterschiedliche Farbwerte ermittelt werden können. Den Geschlechtsunterschied in der Farbe von Mastschweinen bestätigten auch Warnants et al. (1996).

Die eigenen Messergebnisse für die **Fettgewebsfarbe von Borgen und Mastsauen** differierten sehr von den Ergebnissen, die Bodis et al. (1997) und Warnants et al. (1996) veröffentlichten. Ursachen hierfür sind in Unterschieden in der Schweinerasse, in den Lebendgewichten bzw. im Ausmästungsgrad und in der Messtechnik (Messgerät und Messgeometrie, Normlichtfarbe, Normalbeobachter, Farbsystem) zu suchen. Des weiteren unterlagen die Mastschweine bei den Versuchen von Warnants et al. (1996) einer speziellen Mastdiät mit Rapssamen, die sich ebenfalls aufgrund des Lipochromgehaltes auf die Fettfarbe auswirkte.

Zur Erlangung gut abgesicherter Ergebnisse sollten Fütterungsversuche mit verschiedenen lipochromhaltigen Futtermitteln an verschiedenen Schweinerassen durchgeführt werden, um mittels Laboruntersuchungen und Farbmessung den Zusammenhang von Karotingehalt im Blut und der Fettfarbe nachzuweisen.

Aus den Farbwerten von Mastsauen und Mastborgen wurde ein Standardfarbwert für Schweinefettgewebe von Mastsauen und Borgen berechnet und festgelegt, um Abweichungen vom Normalen durch Vergleich mit diesem Wert feststellen zu können. Dieser Wert wurde aus jeweils 54 Farbwerten von Mastsauen und Mastborgen berechnet, entspricht der normalen Geschlechterverteilung zum Schlachtzeitpunkt und hätte sich auch ergeben, wenn die Messungen ohne Geschlechtsdifferenzierung erfolgt wären.

Vorerst kann diesem Ergebnis keine praktische Bedeutung zugeordnet werden. Die Erforschung des Verbraucherverhaltens auch in Bezug auf Farben der Produkte als Qualitätsmerkmal ist schon seit längerer Zeit Inhalt verschiedener Untersuchungen (Grünwald, 1979). In diesem Zusammenhang ist es vorstellbar, dass die vom Verbraucher bevorzugten Farbwerte von Schweinespeck selbst oder sichtbar verarbeitet in Produkten (z.B. in Blutwurst) ermittelt werden müssen. Somit könnten die Ergebnisse eine erste Orientierung geben und damit praxisrelevant werden.

Die **Farbwerte für Zuchtsauen** unterschieden sich stark von denen bei Masttieren. Das Fett von Zuchtsauen hatte geringere Werte in den Parametern für Helligkeit L^* , Rotanteil a^* und Farbsättigung C^* und den höchsten Wert im Parameter für den Buntonwinkel H° . Als Ursache hierfür sind das Alter und die Zuchtnutzung anzuführen. In der Säugeperiode wird das Körperfett stark abgebaut. Die abgesäugten Sauen werden bei nicht erneuter Zuchtnutzung nach dem Absetzen der Ferkel meist umgehend der Schlachtung zugeführt. Am Schlachttierkörper ist dann das "leere", dunkle subkutane Fettgewebe mit erhöhtem Bindegewebsanteil zu begutachten.

Bei Zuchtsauen wurden in verschiedenen Betrieben erniedrigte Hämoglobinkonzentrationen registriert, die mit erhöhten Ferkelverlusten einhergingen. Als Ursache wurde ein Defizit an Eisen angenommen, aber nicht nachgewiesen (Gürtler, 1987). Eine Anämie könnte den niedrigen Farbwert für den Rotanteil a^* begründen. Dies sollte in weiteren Untersuchungen mit Hämoglobinbestimmung und Farbmessung abgeklärt werden.

Die im Versuch **Farbmetrische Untersuchungen an Fettgewebe von Ebern** ermittelten Farbwerte unterschieden sich besonders im Helligkeitswert L^* vom tauglichen Schweinefettgewebe. Somit kann Eberfettgewebe anhand dieses Parameters von tauglichem Schweinefettgewebe abgegrenzt werden. Die Unterschiede in der Fettfarbe können mit dem Vorhandensein von Geschlechtshormonen (Androstenon) und der damit verbundenen anabolen Wirkung erklärt werden. Männliche Jungschweine und Jungeber erreichen generell höhere Tageszunahmen als weibliche Schweine (Reinisch, 1987; Kühne, 2000).

Bei weiteren Untersuchungen sollte versucht werden einen Zusammenhang zwischen den Gehalten an Androstenon und weiteren Inhaltsstoffen des Eberfettes wie Phenolen bzw. Kresolen und den Farbwerten von Eberfett herzustellen, um eventuell einen Schnelltest zur Eberbeurteilung zu entwickeln.

In den **Farbmetrischen Untersuchungen an ikterischem Schweinefettgewebe** zeigten sich im Vergleich zur Fettfarbe tauglicher Schlachtkörper Unterschiede.

Die Helligkeit L^* war ähnlich dem Eberfettgewebe erhöht. Der Farbwert für den Rotanteil a^* war verringert und der Farbwert für den Gelbanteil b^* war stark erhöht. Daraus resultierten die erhöhten Werte für den Buntonwinkel H° und die Sättigung C^* der Farbe im Vergleich zu tauglichem Schweinefettgewebe.

Diese Farbwerte bestätigten die Beurteilung der ikterischen Verfärbung in der subjektiven Beurteilung durch das Untersuchungspersonals. Sie ähnelten ebenfalls den Farbwerten des in

den Modelluntersuchungen mit Gallensaft präparierten Schweinefettgewebes. Die Unterschiede in der Farbsättigung begründen sich mit der hohen Pigmentkonzentration des gefärbten Fettes aus dem Modellversuch.

Zur Absicherung der Ergebnisse und zur sicheren Praxisanwendung des Verfahrens ist es notwendig in weiteren Untersuchungen den Zusammenhang zwischen Bilirubingehalt im Blut und der Farbe des Fettes der ikterischen Tiere festzustellen. Dabei ist es auch möglich verschiedene Ikterusformen zu untersuchen, um ggf. unterschiedliche Farbwerte für die Imprägnation des Fettes durch Bilirubin I, II bzw. freies Bilirubin nachzuweisen.

Das statistisch nicht abgesicherte Ergebnis der **Farbmessung an anämischem Schweinefettgewebe** ähnelte in Helligkeit L^* , Farbwert a^* und Bunttonwinkel H° sehr den Werten für ikterisches Fettgewebe. Lediglich die Farbsättigung C^* war aufgrund des kleinen Wertes für den Gelbanteil b^* sehr gering.

Eine Anämie, verursacht durch toxische Leberschädigungen, Zirrhosen, umfangreiche Traumen oder Hämolyse verschiedener Genese, ist mit Hämoglobinabbau verbunden, dem ein hämolytischer Ikterus mit Anstieg der Gallenfarbstoffe folgen kann.

Dieser Sachverhalt kann mit den gemessenen Farbwerten von tauglichem, anämischen und ikterischem Schweinefett ebenfalls beschrieben werden: Nach Ansteigen der Helligkeitswerte L^* und Abfallen der Werte für den Rotanteil a^* als Charakteristikum der Anämie kommt es zum starken Anstieg des Gelbanteils b^* als Zeichen des Ikterus.

Diese Vermutung sollte in weiteren Untersuchungen überprüft werden.

Die Ergebnisse der **farbmetrischen Untersuchungen zum Einfluss von technologischen Faktoren** zeigen deutlich, dass **schlachtbedingte Auflagerungen** leicht die Farbwerte von tauglichem Schweinefettgewebe beeinflussen können. Dies begründet z.T. die unterschiedlichen Ergebnisse verschiedener Autoren (Warnants et al., 1996; Bodis et al., 1997). In weiteren Versuchen sollte abgeklärt werden, ob eine sichere Ikterusdiagnose auch an nicht angeschnittenen Messstellen erfolgen kann, da dies den Einsatz der Farbmessung in der laufenden Produktion erleichtern würde.

Die Feststellung, dass die **Kühlung und Zeit** lediglich den Helligkeitswert L^* des Schweinefettes erhöht, ist für das tauglich beurteilte Schweinefettgewebe zunächst ohne Bedeutung.

Die Farbveränderung des ikterischen Fettgewebes im Verlauf von 6 Tagen entspricht der in der Literatur beschriebenen Farbverstärkung (Kolb, F., 1933).

Beim **Vergleich der Leistungsfähigkeit von menschlichem Auge und Minolta Chromameter CR 300** in Bezug auf die objektive Bestimmung einer Farbe wird sehr schnell die Überlegenheit des Messgerätes erkennbar.

Bei verschiedenen Beobachtern wird es, auch nach vorherigem Training und Einigung auf eine Farbkommunikation nach Helligkeit, Farbton und Sättigung, unterschiedliche Beschreibungen für ein und dieselbe Farbe geben. Da das individuelle Farbsehen einer sehr hohen Variabilität unterliegt und auch von verschiedenen Faktoren wie Erfahrung und Training abhängt, erübrigt es sich an dieser Stelle nach einem Wert zu suchen, der das Erfassen von Farbunterschieden des menschlichen Auges beschreibt. Der Beobachter kann nur mit Hilfe von Farblehren im Farbabgleichverfahren annähernd objektive Farbbestimmungen vornehmen, wobei die Beleuchtung dabei eine Fehlerquelle darstellt.

Das Minolta Chromameter CR 300 ermöglicht hingegen eine exakte Farbkommunikation mit den objektiv gemessenen Farbwerten. Der Minolta-Kundenservice gibt für das Gerät eine Messtoleranz von $\Delta E = \pm 0,07$ nach 30 Messungen im 10 Sekundentakt im Yxy-System an. Als bedeutender Vorteil erweist sich die Messung unter standardisierten Mess- und Beleuchtungsverhältnissen. Ein Vergleich mit der Leistung des menschlichen Auges erübrigt sich damit.

Mit diesem Hintergrund ist die Beurteilung der Alkohol-Ether-Probe nach AVVFIH abzulehnen, da hierbei keine objektiven Messwerte erstellt bzw. mit Farblehren verglichen werden, sondern nur subjektive Farbeindrücke des Untersuchers über Tauglichkeit oder Untauglichkeit des Schlachttierkörpers entscheiden

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass die objektive Bestimmung der Farbe von Schweinefettgewebe durch Farbmessung mit dem Minolta Chromameter CR 300 möglich ist. Daraus resultieren Schlussfolgerungen, die Ansatzpunkte für interessante ergänzende Untersuchungen bieten.